قانون الجذب العام
Universal gravitation law

قانون الجذب العام لنيوتن

كل الأجسام فى الكون تتجاذب مع الأجسام الأخرى بتأثير قوة مباشرة تتناسب طرديا مع كتلتها وعكسيا مع مربع المسافة بين مركزيهما

فإذا كان لدينا كتلتين $ك_1$ ، $ك_2$ وتفصل بينهما مسافة ف فإن مقدار قوة الجاذبية بينهما

$$ق = ث \times \frac{ك_1 \, ك_2}{ف^2}$$ حيث : -

$ك_1$ ، $ك_2$ مقاستان بالكيلو جرام ، ف مقاسة بالمتر ، ث هو ثابت الجذب العام .

تعريف ثابت الجذب العام
gravitational constant

هو قوة الجذب المتبادلة بين كتلتين مقدار كل منهما ١ كيلو جرام والمسافة بين مركزيهما ١ متر ويساوى تقريبًا $٦,٦٧ \times ١٠^{-١١}$ نيوتن .متر^٢ / كجم^٢

<u>*العوامل التى تتوقف عليها قوة التجاذب بين جسمين:-</u>

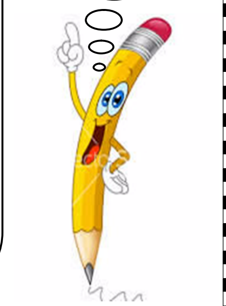


١- كتلتى الجسمين

٢- مربع المسافة بينهما

<u>* الصورة القياسية للعدد النسبى : -</u> يكون العدد على الصورة القياسية إذا العدد على الصورة $أ \times ١٠^{ن}$ مثلا العدد ٢٣٠٠٠٠ = $٢,٣ \times ١٠^{٥}$

، العدد ٠,٠٠٠٢٥ = $٢,٥ \times ١٠^{-٤}$



مثال١

وزارة إحسب قوة التجاذب المتبادلة بين الشمس والأرض إذا علمت أن الأرض تسير فى مدار شبه دائرى حول الشمس وأن كتلة الأرض تساوى $٦ x ١٠^{٢٤}$ كجم وكتلة الشمس تساوى $٩ x ١٠^{٢٩}$ كجم والمسافة بينهما تساوى $١,٥ x ١٠^{١١}$ متر.

الحل





$ك_١ = ٦ x ١٠^{٢٤}$ كجم

$ك_٢ = ٩ x ١٠^{٢٩}$ كجم

$ف = ١,٥ x ١٠^{١١}$ م

$ث = ٦,٦٧ x ١٠^{-١١}$ نيوتن.م^{٢} / كجم^{٢}

ق = ؟

$$\because ق = ث \ x \ \frac{ك_١ \ ك_٢}{ف^{٢}}$$

$$\therefore ق = ٦,٦٧ x ١٠^{-١١} \ x \ \frac{٦ x ١٠^{٢٤} \ x \ ٩ x ١٠^{٢٩}}{(١,٥ x ١٠^{١١})^{٢}}$$

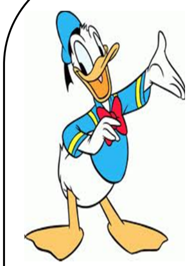
$\therefore ق = ١,٦٠٠٨ x ١٠^{٢٢}$ نيوتن

مثال٢



وزارة أوجد قوة الجذب العام بين كوكبين كتلة الأول ٢×١٠^{٢١} طن وكتلة الثاني ٤×١٠^{٢٥} طن والمسافة بينهما ٢×١٠^{٦} كم.

الحل



$ك_١ = ٢ \times ١٠^{٢٤}$ كجم

$ك_٢ = ٤ \times ١٠^{٢٨}$ كجم

$ف = ٢ \times ١٠^{٩}$ م

$ث = ٦,٦٧ \times ١٠^{-١١}$ نيوتن.م^{٢} / كجم^{٢}

ق = ؟

نحول كتلة الكوكبين الى وحدة الكجم

$ك_١ = ٢ \times ١٠^{٢١} \times ١٠^{٣}$

$= ٢ \times ١٠^{٢٤}$ كجم

$ك_٢ = ٤ \times ١٠^{٢٥} \times ١٠^{٣}$

$= ٤ \times ١٠^{٢٨}$ كجم

$ف = ٢ \times ١٠^{٦} \times ١٠^{٣} = ٢ \times ١٠^{٩}$ م

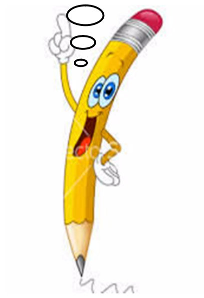
$$\because ق = ث \times \frac{ك_١ \; ك_٢}{ف^{٢}}$$

$$\therefore ق = ٦,٦٧ \times ١٠^{-١١} \times \frac{٢ \times ١٠^{٢٤} \times ٤ \times ١٠^{٢٨}}{(٢ \times ١٠^{٩})^{٢}}$$

$\therefore ق = ١,٣٣٦ \times ١٠^{٢٤}$ نيوتن



مثال٣



وزارة وضعت قطعة من الحديد على بعد ٥٠ سم من أخرى من النيكل كتلتها ٢٥ كجم فكانت قوى التجاذب بينهما ٦ x ١٠ $^{-٨}$ فكم تكون كتلة الكرة الحديد؟

الحل

$ك_١ = ؟$

$ك_٢ = ٢٥$ كجم

$ف = \frac{٥٠}{١٠٠} = ٠,٥$ متر

$ث = ٦,٦٧ \; x \; ١٠^{-١١}$ نيوتن.م^٢ / كجم^٢

$ق = ٦ \; x \; ١٠^{-٨}$ نيوتن



$$\because ق = ث \; x \; \frac{ك_١ \; ك_٢}{ف^٢}$$

$$\therefore ٦ \; x \; ١٠^{-٨} = ٦,٦٧ \; x \; ١٠^{-١١} \; x \; \frac{ك_١ \; x \; ٢٥}{(٠,٥)^٢}$$

$$\therefore ٦ \; x \; ١٠^{-٨} = ٦,٦٧ \; x \; ١٠^{-٩} \; x \; ك_١$$

$$\therefore ك_١ = \frac{٦ \; x \; ١٠^{-٨}}{٦,٦٧ \; x \; ١٠^{-٩}} \cong ٩ \text{ كجم}$$



مثال٤



وزارة إذا علمت أن قوة الجذب المتبادلة بين الشمس والأرض هى $٣٥,٦٧ \times ١٠^{٢١}$ نيوتن وأن كتلة كل من الأرض والشمس هما $٥,٩٧ \times ١٠^{٢٤}$ كجم ، ١٩×١٠^{٢٩} كجم وأوجد المسافة بين الأرض والشمس إذا علم أن ثابت الجذب العام يساوي $٦,٦٧ \times ١٠^{-١١}$ نيوتن .متر^{٢} / كجم^{٢}

الحل



$ك_١ = ٥,٩٧ \times ١٠^{٢٤}$ كجم

$ك_٢ = ١٩ \times ١٠^{٢٩}$ كجم

ف = ؟

ث= $٦,٦٧ \times ١٠^{-١١}$ نيوتن .م^{٢} / كجم^{٢}

ق = $٣٥,٦٧ \times ١٠^{٢١}$ نيوتن

$\because$ ق = ث $\times \dfrac{ك_١ \; ك_٢}{ف^٢}$

$\therefore ٣٥,٦٧ \times ١٠^{٢١} = ٦,٦٧ \times ١٠^{-١١} \times \dfrac{٥,٩٧ \times ١٠^{٢٤} \times ١٩ \times ١٠^{٢٩}}{ف^٢}$

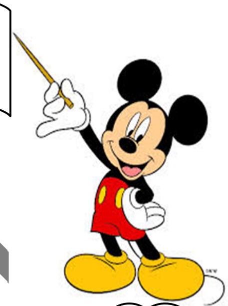
$\therefore ٣٥,٦٧ \times ١٠^{٢١} = \dfrac{٧,٥٦٥٧٨١ \times ١٠^{٤٤}}{ف^٢}$

$ف^٢ = \dfrac{٧,٥٦٥٧٨١ \times ١٠^{٤٤}}{٣٥,٦٧ \times ١٠^{٢١}} = ٢,١٢١ \times ١٠^{٢٢}$

$\therefore$ ف = $١,٤٥٦ \times ١٠^{١١}$ متر $= \sqrt{Ans}$

شدة مجال الجاذبية الأرضية

هى قوة جذب الأرض لجسم كتلته ١ كجم عند نقطة ما .



ملاحظة(١) عجلة الجاذبية على سطح أى كوكب:-

$ء = ث \times \frac{ك}{نق^{٢}}$ حيث ك كتلة الكوكب بالكجم، نق طول نصف قطره بالمتر

مثال٥



وزارة **إدارة نجع حمادى٢٠١٥/٢٠١٦** إذا علمت أن كتلة الأرض $٦,٠٦ \times ١٠^{٢٤}$ كجم ونصف قطرها $٦,٣٦ \times ١٠^{٦}$ متر فأوجد شدة مجال الجاذبية الأرضية إذا علمت أن ثابت الجذب العام يساوي $٦,٦٧ \times ١٠^{-١١}$ نيوتن .متر^{٢} / كجم^{٢}

الحل

$ك = ٦,٠٦ \times ١٠^{٢٤}$ كجم

$نق = ٦,٣٦ \times ١٠^{٦}$ م

$ث = ٦,٦٧ \times ١٠^{-١١}$ نيوتن .م^{٢} / كجم^{٢}

$ء = ؟$

$ء = ث \times \frac{ك}{نق^{٢}}$

$\therefore ء = ٦,٦٧ \times ١٠^{-١١} \times \frac{٦,٠٦ \times ١٠^{٢٤}}{(٦,٣٦ \times ١٠^{٦})^{٢}}$



$\therefore ء = ٩,٩٩٢٧٣١٦٩٦ \cong ١٠$ م/ ث^{٢}

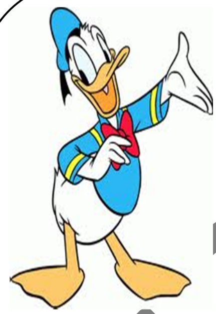
$\therefore$ شدة مجال الجاذبية الأرضية $\cong ١٠$ م/ث^{٢}



مثال٦

وزارة إحسب نصف قطر الأرض بفرض أن جسمًا كتلته ١ كجم وضع فوق سطحها علمًا بأن كتلة الأرض تساوى ٦ x ١٠^{٢٤} كجم و ثابت الجذب العام يساوى ٦,٦٧ x ١٠$^{-١١}$ نيوتن .متر^{٢} / كجم^{٢}

الحل



ك$_{١}$ = ١كجم

ك$_{٢}$ = ٦ x ١٠^{٢٤} كجم

ف = نق

ث= ٦,٦٧ x ١٠$^{-١١}$ نيوتن .م^{٢} / كجم^{٢}

ء = ٩,٨م/ث^{٢}

∵ ء = ث x $\frac{\text{ك}}{\text{نق}^{٢}}$

∴ ٩,٨ = ٦,٦٧ x ١٠$^{-١١}$ x $\frac{٦ \; x \; ١٠^{٢٤}}{\text{نق}^{٢}}$

∴ ٩,٨ = $\frac{٤,٠٠٢ \; x \; ١٠^{١٤}}{\text{نق}^{٢}}$

نق^{٢} = $\frac{٤,٠٠٢ \; x \; ١٠^{١٤}}{٩,٨}$ = ٤,٠٨ x ١٠^{١٣} = $\sqrt{Ans}$

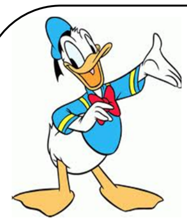
∴ نق = ٦٣٨٧٤٨٧,٧٦٩ متر ≅ ٣٦٨٧ كم

مثال٧



وزارة إذا كانت عجلة الجاذبية الأرضية هى ١٠ م / ث^{٢} ونصف قطر الأرض يساوى ٦,٣٦ x ١٠^{٦} م احسب كتلة الأرض.

الحل



ك = ؟

نق = ٦,٣٦ x ١٠^{٦} م

ث= ٦,٦٧ x ١٠$^{-١١}$ نيوتن .م^{٢} / كجم^{٢}

ء = ١٠م/ث^{٢}

∵ ء = ث x $\frac{ك}{نق^{٢}}$

∴ ١٠ = ٦,٦٧ x ١٠$^{-١١}$ x $\frac{ك}{(٦,٣٦ \, x \, ١٠^{٦})^{٢}}$

∴ ١٠ = ١,٦٥ x ١٠$^{-٢٤}$ x ك^{٢}

ك= $\frac{١٠}{١,٦٥ \, x \, ١٠^{-٢٤}}$ = ٦,٠٦ x ١٠^{٢٤} كجم

∴ كتلة الأرض = ٦,٠٦ x ١٠^{٢٤} كجم

الحياة مليئة بالأحجار فلا تتعثر عليها
بل إجمعها وإبن بها سلماً تصعد به نحو النجاح





ملاحظة(٢)

شدة مجال الجاذبية الأرضية لجسم موضوع إرتفاع قدره ع من سطح الأرض :

❁ بفرض جسم كتلته ١ كجم موضوع على إرتفاع = ع متر من سطح الأرض فإن :

شدة مجال الجاذبية الأرضية ء = ث $\times \frac{ك}{(نق + ع)^{٢}}$ حيث : -

ث ثابت الجذب العام ، **ك** كتلة الأرض بالكجم ، **نق** طول نصف قطر الأرض بالمتر.

مثال٨



إذا علمت أن كتلة الأرض تساوى $٥,٩٧ \times ١٠^{٢٤}$ كجم وطول نصف قطرها $٦,٣٦ \times ١٠^{٦}$ متر احسب شدة مجال الجاذبية الأرضية على إرتفاع ٥٠ كم من سطح الأرض.

الحل

ك = $٥,٩٧ \times ١٠^{٢٤}$ كجم

نق = $٦,٣٦ \times ١٠^{٦}$ متر

ث = $٦,٦٧ \times ١٠^{-١١}$ نيوتن .م^{٢} / كجم^{٢}

ع = ٥٠٠٠٠ متر

ء = ؟

إرتفاع الجسم عن سطح الأرض

ع = ٥٠ كم = ٥٠٠٠٠ متر من سطح الأرض

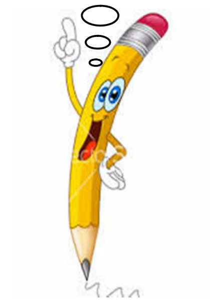
ء = ث $\times \frac{ك}{(نق + ع)^{٢}}$

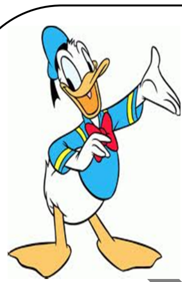
∴ شدة مجال الجاذبية الأرضية ء = $٦,٦٧ \times ١٠^{-١١} \times \frac{٥,٩٧ \times ١٠^{٢٤}}{(٦,٣٦ \times ١٠^{٦} + ٥٠٠٠٠)^{٢}}$

$\cong$ ٩,٦٩ م/ ث^{٢}

مثال٩

وزارة قمر صناعى كتلته ١٥٠٠ كجم يدور على ارتفاع ٥٤٠ كم من سطح الأرض التى كتلتها ٦ $\times$ ١٠ ^{٢٤} كجم ونصف قطرها ٦٣٦٠كم. أوجد قوة جذب الأرض للقمر بالنيوتن علمًا بأن ثابت الجذب العام يساوى ٦,٦٧ $\times$ ١٠ $^{-١١}$ نيوتن .متر^{٢} / كجم^{٢}





$ك_{١}$ = ١٥٠٠كجم

$ك_{٢}$ = ٦ $\times$ ١٠ ^{٢٤} كجم

ف = ٦٩٠٠٠٠٠ متر

ث= ٦,٦٧ $\times$ ١٠ $^{-١١}$ نيوتن.م^{٢} / كجم^{٢}

ق = ؟

الحل

نحول المسافة الى أمتار

ف = نق + ع

= (٦٣٦٠+٥٤٠) $\times$ ١٠ ^{٣}

= ٦٩٠٠٠٠٠ متر

∵ ق = ث $\times$ $\frac{ك}{(نق+ع)^{٢}}$

∴ ق = ٦,٦٧ $\times$ ١٠ $^{-١١}$ $\times$ $\frac{١٥٠٠ \times ٦ \times ١٠^{٢٤}}{(٦٩٠٠٠٠٠)^{٢}}$

∴ ق = ١٢٦٠٨,٦٩٥٦٥ نيوتن

المقارنة بين عجلتى الجاذبية على سطحى كوكبين

النسبة بين عجلتى الجاذبية $ء_١$ ، $ء_٢$ على كوكبين كتلتاهما $ك_١$ ، $ك_٢$ وطولا نصفى قطريهما $نق_١$ ، $نق_٢$ على الترتيب هى :-

$$\frac{ء_١}{ء_٢} = \frac{ك_١}{ك_٢} \times \frac{نق_٢^٢}{نق_١^٢}$$

مثال ١٠

وزارة إذا علمت أن كتلة الأرض تساوى $٥,٩٧ \times ١٠^{٢٤}$ ونصف قطرها $٦,٣٤ \times ١٠^{٦}$ متر وكتلة القمر تساوى $٧,٣٦ \times ١٠^{٢٢}$ كجم ونصف قطره $١,٧٤ \times ١٠^{٦}$ فأوجد النسبة بين الجاذبية على سطح القمر إلى سطح الأرض.



الحل



$ك_١ = ٥,٩٧ \times ١٠^{٢٤}$ كجم ، $نق_١ = ٦,٣٤ \times ١٠^{٦}$ م

$ك_٢ = ٧,٣٦ \times ١٠^{٢٢}$ كجم ، $نق_٢ = ١,٧٤ \times ١٠^{٦}$ م

$$\frac{ء_١}{ء_٢} = \frac{ك_١}{ك_٢} \times \frac{نق_٢^٢}{نق_١^٢}$$

$$\frac{ء_١}{ء_٢} = \frac{٥,٩٧ \times ١٠^{٢٤}}{٧,٣٦ \times ١٠^{٢٢}} \times \frac{(١,٧٤ \times ١٠^{٦})^{٢}}{(٦,٣٤ \times ١٠^{٦})^{٢}} \cong ٦$$

∴ النسبة بين الجاذبية على سطح الأرض إلى سطح القمر = ٦ : ١

⟸ النسبة بين الجاذبية على سطح القمر إلى سطح الأرض = ١ : ٦

مثال ١١





إذا علمت أن كتلة الأرض تساوى $٥,٩٧ \times ١٠^{٢٤}$ كجم ونصف قطرها $٦,٣٤ \times ١٠^{٦}$ متر وكتلة القمرتساوى $٧,٣٦ \times ١٠^{٢٢}$ كجم فأوجد طول نصف قطر القمر إذا كانت الجاذبية على سطح الأرض ستة أمثالها على سطح القمر

الحل

ك$_{١}$ = $٥,٩٧ \times ١٠^{٢٤}$ كجم

نق$_{١}$ = $٦,٣٤ \times ١٠^{٦}$ م

ك$_{٢}$ = $٧,٣٦ \times ١٠^{٢٢}$ كجم

نق$_{٢}$ = ؟

د$_{١}$: د$_{٢}$ = ٦ : ١

$$\therefore \frac{د_{١}}{د_{٢}} = \frac{ك_{١}}{ك_{٢}} \times \frac{نق_{٢}^{٢}}{نق_{١}^{٢}}$$

$$\therefore \frac{٦}{١} = \frac{٥,٩٧ \times ١٠^{٢٤}}{٧,٣٦ \times ١٠^{٢٢}} \times \frac{نق_{٢}^{٢}}{(٦,٣٤ \times ١٠^{٦})^{٢}}$$

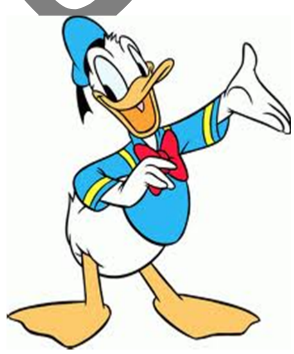
$$\therefore ٦ = ٢ \times ١٠^{-١٢} \times نق_{٢}^{٢}$$

$$\Longleftarrow نق_{٢}^{٢} = \frac{٦}{٢ \times ١٠^{-١٢}} = ٣ \times ١٠^{١٢}$$

نق$_{٢}$ = ١٧٣٢٠٥٠,٨٠٨ متر = $\sqrt{Ans}$

$= ١,٧٣٢٠٥٠٨٠٨ \times ١٠^{٦} \cong ١,٧٣ \times ١٠^{٦}$

$\therefore$ طول نصف قطر القمر $\cong ١,٧٣ \times ١٠^{٦}$ متر



تمارين(١٣)

١ أكمل ما يأتى:-

١- مقدار قوة الجذب بين جسمين كتلتاهما $ك_١$ ، $ك_٢$ والمسافة بينهما ف يساوى............

٢- كل الأجسام تتجاذب مع الأجسام الأخرى بواسطة قوة تتناسب طرديًا مع ....
وعكسيًا مع..........

٣- تتوقف قوة التجاذب بين جسمين على......................... ، ....

٤- النسبة بين عجلتى الجاذبية $د_١$ ، $د_٢$ على كوكبين كتلتاهما $ك_١$ ، $ك_٢$ وطولا نصفى قطريهما $نق_١$ ، $نق_٢$ على الترتيب هى ....

==

٢ وزارة إذا كان البعد بين مركزى كرتين ٢م وكانت كتلة إحداهما ٠,٨ كجم وكتلة الأخرى ٠,٦ كجم فما قوة التجاذب بينهما؟

[ق = $٨,٠٠٤ \times ١٠^{-١٢}$ نيوتن]

==

٣ وزارة كرتان متماثلتان كتلة كل منهما ٦٠,٨كجم والبعد بين مركزيهما ٢١,٨ سم ما قوة التجاذب بينهما؟

[ق = $٦,٧٣٦٨ \times ١٠^{-٨}$ نيوتن]

==

٤ وزارة الادارة ٢٠١٥/٢٠١٦ احسب قوة التجاذب بين جسمين كتلتيهما ١٠ كجم ، ١٥ كجم والمسافة بينهما ٢متر

[ق = $٢,٥٠١٢٥ \times ١٠^{-٩}$ نيوتن]

==

٥ وزارة إذا علمت أن كتلة الأرض ٦×١٠^{٢٤} كجم وكتلة القمر ٧×١٠^{٢٢} كجم والمسافة بينهما ٣×١٠^{٦} متر أوجد قوة جذب الأرض للقمر

[ق = $٣,١١ \times ١٠^{٢٤}$ نيوتن]

٦ وزارة قمر صناعى كتلته ٢٠٠٠ كجم يدور على ارتفاع ٤٤٠ كم من سطح الأرض التى كتلتها ٦×١٠^{٢٤} كجم . أوجد قوة جذب الأرض للقمر علمًا بأن نصف قطر الأرض ٦٣٦٠ كم. [ق = ١٧٣٠٩,٦٨٨٥٨ نيوتن]

===

٧ وزارة وضعت كرة من الحديد على بعد ٤٠سم أخرى من النيكل كتلتها ٥٠ كجم فكانت قوة التجاذب بينهما ١٢×١٠^{-٨} نيوتن فكم تكون كتلة كرة الحديد إذا علمت أن ثابت الجذب العام يساوي $٦,٦٧ \times ١٠^{-١١}$ نيوتن .متر^{٢} / كجم^{٢} [٥,٧٥٧كجم]

===

٨ وزارة إذا علمت أن كتلة الأرض $٥,٩٧ \times ١٠^{٢٤}$ كجم ونصف قطرها يساوى $٦,٣٦ \times ١٠^{٦}$ م فأوجد شدة مجال الجاذبية الأرضية إذا علمت أن ثابت الجذب العام يساوي $٦,٦٧ \times ١٠^{-١١}$ نيوتن .متر^{٢} / كجم^{٢} [ء = ٩,٨ م/ث^{٢}]

===

٩ وزارة كوكب كتلته مساوية ثلاث مرات كتلة الأرض وقطره يساوى ثلاث مرات قدر قطر الأرض احسب النسبة بين عجلة الجاذبية على سطح هذا الكوكب وسطح الأرض.
[١:٣]

===

١٠ وزارة إذا كان طول نصف قطر كل من القمر والأرض ١٦٠٠ كم، ٦٤٠٠ كم على الترتيب وكانت النسبة بين عجلتى الجاذبية لكل منهما ١ : ٦ فأوجد النسبة بين كتلتيها على الترتيب [١:٩٦]